



TITLE:

マスコンクリート表層部の温度応力ならびに乾燥収縮ひずみに着目したひび割れ幅予測手法に関する研究(Abstract_要旨)

AUTHOR(S):

宮田, 佳和

CITATION:

宮田, 佳和. マスコンクリート表層部の温度応力ならびに乾燥収縮ひずみに着目したひび割れ幅予測手法に関する研究. 京都大学, 2020, 博士(工学)

ISSUE DATE:

2020-03-23

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k22422>

RIGHT:

京都大学	博士（都市社会工学）	氏名	宮田 佳和
論文題目	マスコンクリート表層部の温度応力ならびに乾燥収縮ひずみに着目したひび割れ幅予測手法に関する研究		
<p>（論文内容の要旨）</p> <p>本論文は、コンクリート構造物の耐久性に影響を与える要因の一つである、マスコンクリートの温度ひび割れに対して、現状のひび割れ幅予測式の問題点を整理した上で、合理的に予測するための手法について検討し、新たな予測式を提案するものである。本論文は全8章で構成されている。</p> <p>第1章では、本研究の背景と目的を述べている。温度ひび割れに対しての過剰な対策を減らし、社会資本整備コストの削減、建設業の生産性向上に資するため、精確に温度ひび割れ幅が予測できる新たな手法が必要であることを説明している。</p> <p>第2章では、温度ひび割れの予測方法等について既往の研究を取り上げ、現在の予測式の課題について整理している。その結果、現在の温度ひび割れによるひび割れ幅の予測方法は、乾燥を受けた条件下での数件の試験体の実験データから導かれたものであり、現在の予測式は過度に安全側となっている可能性があることを指摘している。また、予測式の改訂の経緯等から、部材表層部の応力、鉄筋比等に着目したひび割れ幅予測が適切であるという予想を立て、表層部に着目するにあたり、乾燥収縮の影響も考慮した解析を行う必要があることを説明している。</p> <p>第3章では、過去の施工実績で実際に発生したひび割れの幅と、日本コンクリート工学会2016年版マスコン指針の方法で求めた予測ひび割れ幅を比較し、現状の予測式の精度を確認している。その結果、土木学会コンクリート標準示方書に準拠した施工を行った39件115部材の調査により、現行指針から求めた予測ひび割れ幅は、多くの場合に実測のひび割れ幅よりも大きく算出され過度に安全側であることを示している。この原因としては、現行の予測式の基となった実験方法と現実の施工方法との養生期間の相違、初期の乾燥（施工環境）の影響、かぶり部分に存在する鉄筋によるひび割れの分散が影響しているとの考えを示している。そのため、ひび割れ幅予測の精度向上のため、特に耐久性を確保するために施工後長期間経った構造物のひび割れ幅を予測するためには、長期的な乾燥も考慮した上でかぶり部分の鉄筋比、応力等に着目した新たな手法が必要であることを示している。</p> <p>第4章では、現行指針の温度ひび割れ幅の予測式の基となった既往の研究成果で対象とした部材（壁厚30cmおよび1m）から部材寸法が異なる構造物において、温度応力の実測とその結果の考察を行い、後の章での解析に用いる物性値を得ている。ここでは、既往の研究の方法を参考にしながら、部材厚が大きい構造物に対して適用できるヤング係数の補正係数の設定方法等を示し、実測をよく再現できている。</p>			

京都大学	博士（都市社会工学）	氏名	宮田 佳和
<p>第 5 章では、実構造物を対象に乾燥まで考慮した非定常非線形三次元 FEM 温度応力解析を実施するため、供試体の実験結果を基に乾燥収縮を解析で入力する方法について検討を行っている。ここでは、室内試験で実測した乾燥収縮ひずみと、湿気移動解析により求めた相対湿度とを、時間を基準にして 1 対 1 対応させることで乾燥収縮ひずみと相対湿度の関係を作成し、この関係を供試体モデルに入力した。この結果、乾燥収縮ひずみの実測を解析で再現することができたことから、この入力方法が妥当であることを示している。この時、湿気移動解析においては、既往の研究による透湿率、湿気容量、蒸発率を用い、空気流動係数については、供試体により実測された質量減少率と整合のある空気流動係数を設定しするのが良いことを示している。</p> <p>第 6 章では、第 4 章で得られた物性値、第 5 章で得られた乾燥収縮解析の入力値を用いて、実構造物に対して乾燥を与えた場合のひび割れ幅 FEM 解析を実施している。この方法により、コンクリートの物性値の特殊な設定や鉄筋の再現などの高度な解析をすることで、ひび割れ幅解析は実測を精確に再現できることを示している。また、この整合が確認できたモデルに対してパラメトリックスタディを行い、表層部の応力強度比と長期的に進展する最大ひび割れ幅に相関があることを示しており、簡易的なひび割れ幅予測式を構築する際にも、表層部の応力強度比に着目することが妥当であることを示している。また、従来通りの部材中心のひび割れ指数に着目する方法は、実際に起こり得る現象とは逆にひび割れ指数が大きいほどひび割れ幅が大きくなり、部材厚が大きい構造物に対しては誤った予測となる可能性があることも示している。さらに、乾燥の影響を含んだ長期的に進展する最大ひび割れ幅を予測するには、材齢 3000 日程度を想定した解析が必要であることも明らかにしている。</p> <p>第 7 章では、第 6 章までの結果を踏まえ、表層部の応力強度比に着目し実務上利用しやすい簡易なひび割れ幅の予測方法を新たに提案している。ここでは、第 3 章で取り上げた施工実績に対して乾燥を入力した再現解析を行って、そのコンクリート表層部の応力強度比と実測ひび割れ幅について整理し、新たなひび割れ幅の予測式を構築している。予測式で用いる応力強度比、鉄筋比の算出方法については、複数の方法で整理を行い、応力強度比については、部材表面の最大応力強度比を、鉄筋比については有効引張断面積で割った鉄筋比を用いることで、最も適合したひび割れ幅予測式となることを明らかにしている。また、安全率を 2.0 とした場合は概ね安全側の予測となっていることや、2016 年版マスコン指針と比べ提案式による予測の方がコスト削減、工期縮減が可能であることも示している。</p> <p>8 章は、以上各章の考察で得られた成果を要約している。</p>			

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、コンクリート構造物の耐久性に影響を与える要因の一つである、マスコンクリートの温度ひび割れに対して、現状のひび割れ幅予測式の問題点を整理した上で、合理的に予測するための手法について検討し、新たな予測式を提案している。得られた主な成果は次のとおりである。

1. 現状のひび割れ幅予測式の成立の背景から、過度に安全な予測式となっている可能性を指摘し、このことを実測値との比較からも確認した。この原因としては、現行の予測式の基となった実験方法と現実の施工方法との養生期間の相違、初期の乾燥（施工環境）の影響、かぶり部分に存在する鉄筋によるひび割れの分散が影響していると考えられ、ひび割れ幅を予測するためには、長期的な乾燥も考慮した上でかぶり部分の鉄筋比、応力等に着目した新たな手法が必要であることを示した。
2. 供試体で測定された乾燥収縮ひずみと湿気移動解析による相対湿度の関係を入力する方法を提案し、供試体モデルで乾燥収縮ひずみの実測と解析が一致したことから、この入力方法が妥当であることを確認した。ここで、湿気移動解析においては、供試体により実測された質量減少率と整合のある物性値を設定する必要があることも示した。
3. 部材厚が大きい実構造物において、温度応力の実測、発生したひび割れ幅の測定を行い、測定結果の整理から得られた物性値、ならびに 2. で示された乾燥収縮ひずみの入力方法を用いた高度な解析を行うことで、実構造物で測定されたひび割れ幅を解析的に再現できることを示した。また、この整合が確認できたモデルに対してパラメトリックスタディを行い、表層部の応力強度比と長期的に進展する最大ひび割れ幅に相関あることを示した。
4. 前項の高度な解析モデルをもとに、実施工データを用い、乾燥を入力した再現解析を行って、コンクリート表層部の応力強度比と実測ひび割れ幅について整理し、実務上利用しやすい新たなひび割れ幅の予測方法を提案した。ここで、応力強度比については、部材表面の最大応力強度比を、鉄筋比については有効引張断面積で割った鉄筋比を用いることで、最も適合したひび割れ幅予測式となることを示した。

以上、本論文は、コンクリート構造物の耐久性に影響を与える要因の一つである、マスコンクリートの温度ひび割れに対して、合理的に予測するための新たな手法について提案するものであり、学術上のみならず、実務上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、令和 2 年 2 月 21 日に論文内容とそれに関連した事項について試問を行って、申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し、合格と認めた。

要旨公開可能日： 年 月 日以降